

超音波による生体組織の加温と熱物性測定

背景

超音波診断装置



http://www3.gehealthcare.co.jp/ja-jp/products/categories/ultrasound/logia/logia_e9

- 特徴**
- 無侵襲・非観血・リアルタイム診断
 - 組織の輪郭情報を中心に構成した定性的な画像

- 課題**
- 検者の経験や熟練に負うところ大きい

組織の物性を評価する組織性状診断の研究が進められている。

生体の物理的特性を反映する超音波の音響特性と病変による組織変化を関連付けるもの。

例 音速 弾性係数... など

本研究は生体組織の**熱物性**に関わる物理特性に着目。

音速の温度特性

- 組織固有の値をもつ。
- がん組織は正常組織と比較して異なる値となる。

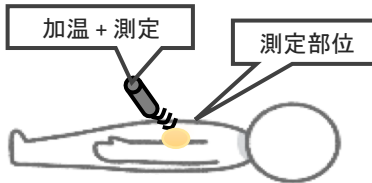
研究目的

組織性状診断への応用を目指した生体組織の**熱物性イメージング**

超音波で生体内部を加温し、組織の温度変化による音速の時間変化率を超音波で測定し、その変化率から組織の状態を推定する。

音速変化率 → 熱物性量 → 組織性状診断

測定手法



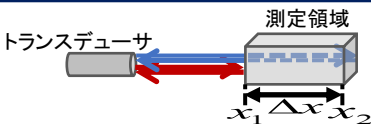
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial c}{\partial t} \cdot \left(\frac{\partial c}{\partial T} \right)^{-1} \cong \frac{2\alpha l}{C_v}$$

温度上昇(生体熱輸送方程式)

$$\frac{\partial T}{\partial t} \cong \frac{2\alpha l}{C_v}$$

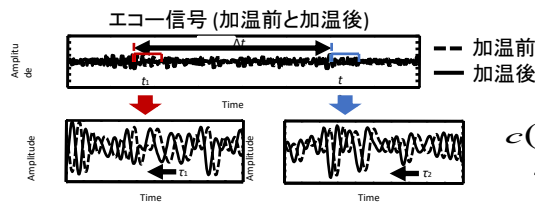
$\partial T / \partial t$	温度上昇率
$\partial c / \partial t$	音速時間変化率
$\partial c / \partial T$	音速の温度係数
α	減衰係数
l	超音波強度
C_v	単位体積当たりの熱容量

超音波による音速変化の測定



$$\Delta c(x) \ll c(x)$$

$$\Delta c(x) \cong c(x) \frac{\Delta \tau}{\Delta t}$$



$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1$$

$c(x)$: x における音速
 t : ゲートをかけた時間
 τ : エコーシフト時間

加温前後のエコーシフト時間より測定試料内における**音速変化**を算出

加温による音速変化と熱物性量

音速変化率

$$\frac{\Delta \tau}{\Delta t} \cong \frac{\Delta c(x)}{c(x)}$$

音速変化

$$\Delta c = \frac{\partial c}{\partial t} t_h = \frac{\partial c}{\partial T} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} t_h = \frac{\partial c}{\partial T} \cdot \frac{2\alpha l t_h}{C_v}$$

t_h : 加温時間

$$\frac{\Delta \tau}{\Delta t} = \frac{\Delta c(x)}{c(x)} = \frac{(\partial c / \partial t) t_h}{c(x)} = \frac{\partial c}{\partial T} \cdot \frac{2\alpha l t_h}{c(x) C_v}$$

音速変化率 → 熱物性量

エコーシフト率 $\Delta \tau / \Delta t$ は、

- 音速変化率 $\Delta c(x) / c(x)$ に等しい。
- 音速の温度係数 $\partial c / \partial T$ 、減衰係数 α 、音速 $c(x)$ 、体積熱容量 C_v 、超音波強度 l 、加温時間 t_h の関数。